



Mesure de la pression différentielle et différentielle bidirectionnelle expliquée à l'aide du capteur de pression AMS 5812

Dans la technique de mesure de pression, on distingue les méthodes de mesure en fonction des tâches à réaliser. Au rang de ces méthodes figurent la mesure de la pression absolue, la mesure de la pression relative et la mesure de la pression différentielle. Le fait que notamment la notion de mesure de la pression différentielle couvre différentes situations, reste à ce jour inconnu à de nombreux utilisateurs. Le modèle du capteur de pression piézorésistif AMS 5812 servira à illustrer les différences en fonction des applications souhaitées.

Afin de mieux cerner le cadre, les différentes méthodes et notions importantes de la mesure de pression sont expliquées à l'aide d'une cellule de mesure au silicium.

Mesure de la pression absolue

La mesure de la pression absolue (cf. *illustration 1*) consiste à enregistrer une pression de mesure P_1 par rapport à une pression de référence P_2 que la valeur infime permet de négliger par rapport à la pression à mesurer. Dans le cas idéal, P_2 serait égale au vide absolu (donc $P_2 = 0$ bar). Par conséquent, le procédé de fabrication des capteurs de pression doit avoir lieu sous vide. Cela signifie que la cellule doit être mise sous dépression P_2 avant d'être hermétiquement fermée par un socle en substrat de pyrex. Afin de garantir la fiabilité des résultats, la valeur de la pression P_2 doit être maintenue durablement.

Si une pression P_1 est exercée sur sa face supérieure, la membrane cède en direction de la pression plus faible. Sous condition $P_1 \gg P_2$, il en résulte donc que la membrane cède vers la cavité (cf. *illustrations 3*) obtenue par gravure électrochimique. De l'effet piézorésistif résulte un signal proportionnel à la pression exercée à la sortie des ponts de résistance implantés dans la membrane en forme d'un Pont de Wheatstone (*illustration 2*).

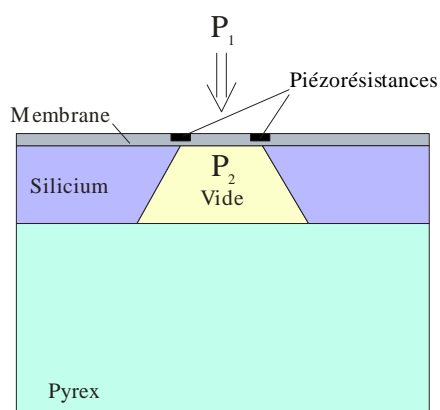


Illustration 1 : Structure d'une cellule piézorésistive pour mesurer la pression absolue P_1 avec des résistances implantées

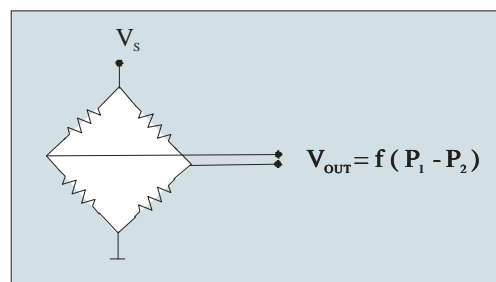


Illustration 2 : Pont de Wheatstone



Mesure de la pression différentielle et différentielle bidirectionnelle expliquée à l'aide du capteur de pression AMS 5812

La proportionnalité permet de déterminer la courbe de fonction de transfert du capteur ($V_{OUT} = f(P_1, P_2)$) mais ne donne ni le point zéro ni la valeur de la sortie. Ces valeurs sont à ajuster par les processus de calibrage et de compensation.

La pression de référence de 0 bar ne pouvant pas être reproduite au moment de la fabrication de capteurs de pression absolue, la valeur réelle P_2 doit servir de point zéro. Le point zéro souhaité, qui peut s'élever par exemple à 0 ou 0,5 Volt, est donc fixé au moment du calibrage de P_2 . Ce réglage est qualifié de calibrage du point zéro.

En cas de pression maximale exercée (max. P_1), la sortie à pleine échelle (point final) doit être calibré sur la valeur de sortie souhaitée p. ex. 10 ou 4,5 Volt (Cf. *illustration 6*)

Une application courante des capteurs de pression absolue consiste à déterminer la pression barométrique ambiante entre 700 et 1200 mbar absolu. Dans ce cas précis, le point zéro est fixé à 700 mbar et le signal de pleine échelle à 1200 mbar.

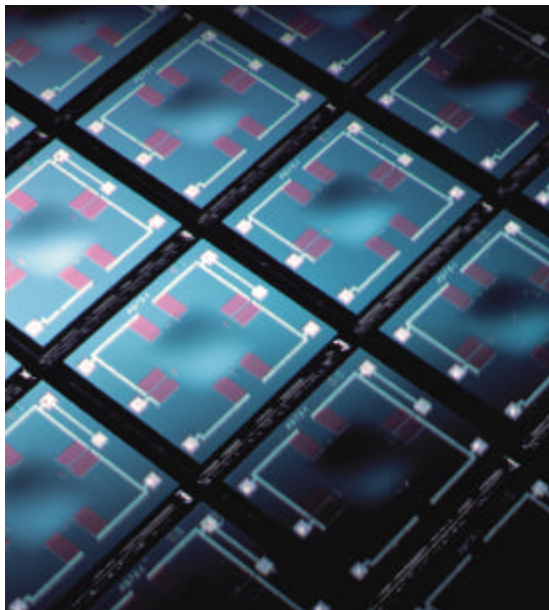


Illustration 3 : Cellules de pression au silicium pour mesurer la pression absolue dans l'ensemble d'une plaquette silicium (wafer)

Lignes claires = pistes conductrices en aluminium
Carrés clairs = plages de connexion en aluminium (Bond Pads)
Surfaces violettes = connexions conductrices diffusées reliées aux piézorésistances
Les piézorésistances ne sont pas visibles

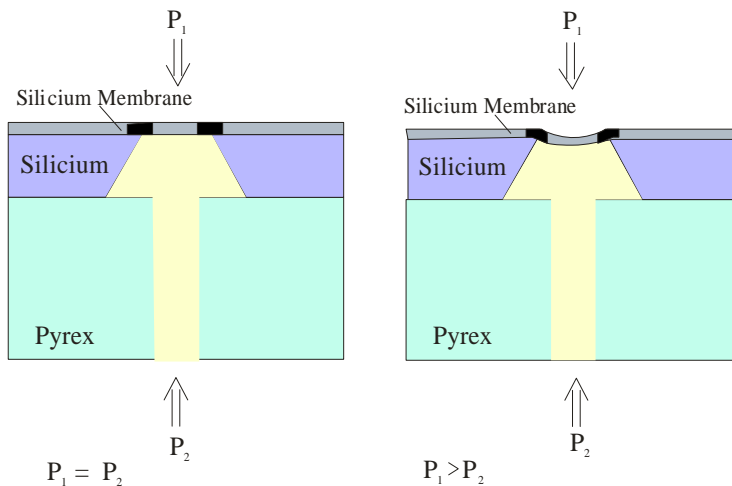
Surface de la cellule de pression au silicium = $2 \times 2 \text{ mm}^2$
Hauteur de la cellule de pression au silicium = 0,8mm



Mesure de la pression différentielle et différentielle bidirectionnelle expliquée à l'aide du capteur de pression AMS 5812

Mesure de la pression différentielle

La mesure de la pression différentielle consiste à comparer deux pressions P_1 et P_2 exercées sur la surface et sur la derrière de la membrane. Par conséquent : $P_1 = P_2$ ou à l'inverse $P_1 = P_2$. La plupart des capteurs de pression différentielle ne peuvent déterminer et traiter qu'un seul coefficient de pression, soit $P_1/P_2 = 1$ ou $P_1/P_2 = 1$. Par conséquent, les capteurs auxquels s'applique cette règle sont généralement qualifiés de capteurs de mesure de pression différentielle.



L'illustration 4 (à gauche) schématise le cas $P_1 = P_2$. La pression étant la même de part et d'autre de la membrane, elle ne se déforme pas et le capteur génère le signal de sortie zéro = offset.

Si $P_1 > P_2$ (à droite), la membrane au silicium se déforme vers la pression la plus faible au moment où la pression est exercée ce qui génère un signal proportionnel à la pression au niveau des résistances piézorésistives implantées dans la membrane.

Illustration 4 : Comportement de la membrane d'un capteur piézorésistif pendant la mesure de la pression différentielle quand $P_1 = P_2$

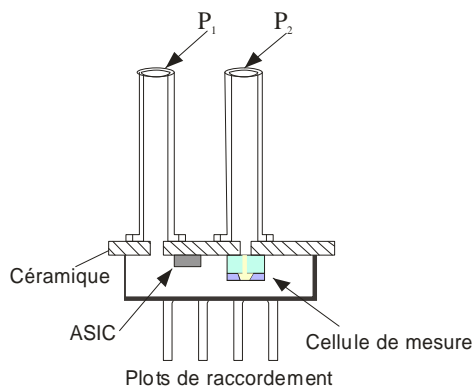


Illustration 5 : Capteur de pression AMS 5812, coupe transversale

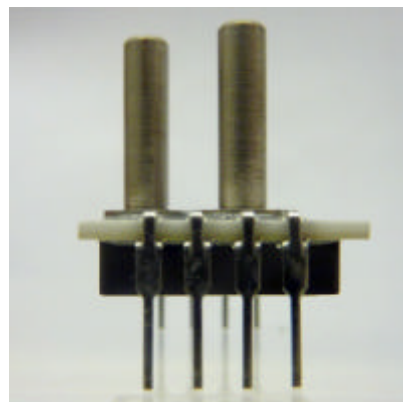


Illustration 6 : Capteur de pression AMS 5812



Mesure de la pression différentielle et différentielle bidirectionnelle expliquée à l'aide du capteur de pression AMS 5812

La fonction de transfert à la sortie d'un capteur amplifié (p. ex. l'AMS 5812) que présente l'illustration 7 est le résultat d'une mesure de différence de pression après calibrage.

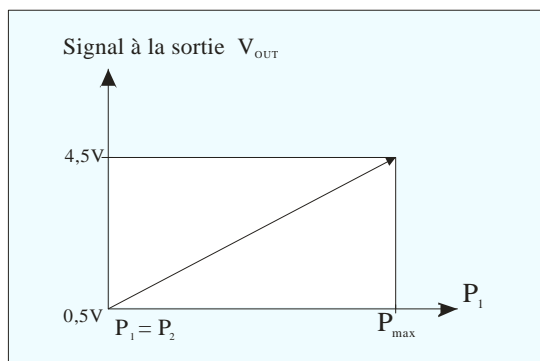


Illustration 7 : Fonction de transfert d'un capteur de pression différentielle quand $P_1 = P_2$

Indépendamment de ce qui doit être déterminé, à savoir $P_1/P_2 = 1$ ou $P_1/P_2 = -1$, la condition $P_1 - P_2 = P_{max}$ ou $P_2 - P_1 = P_{max}$ est applicable à tous les capteurs de pression dont la membrane a été optimisée pour une plage de mesure spécifique. Il ne faut toutefois pas oublier que P_{max} est limité par des facteurs technologiques ou physiques (p. ex. les raccords),

Il est important que l'utilisateur tienne compte de ces conditions au moment où il va faire ses raccords sur le capteur pour mesurer la pression différentielle, par exemple pour une application de surveillance de filtres.

Capteurs de pression différentielle bidirectionnels

Outre l'exemple susmentionné, il existe d'autres applications de mesure de la pression différentielle pour lesquelles les deux conditions, $P_1 = P_2$ et $P_1 = -P_2$, sont requises. (Par exemple pour la ventilation et l'aération, le contrôle de niveaux de liquides divers, les fonctions inspiratoires et expiratoires) Comme il n'existe pas de terminologie consacrée pour ce genre de capteurs de mesure de pression différentielle, AMSYS et quelques autres fabricants les qualifient de capteurs de pression différentielle bidirectionnels. Ils mesurent la différence entre deux pressions, qu'il s'agisse de pression positive ou de pression négative. Par conséquent $P_1/P_2 = 1$ et $P_1/P_2 = -1$.

L'illustration 8 schématise la déformation de la membrane de la cellule de mesure de la pression différentielle en cas de pression positive et de dépression. L'inversion du sens de la déformation de la membrane génère un changement du signe au niveau du signal à la sortie de la cellule.

La pression différentielle mesurée par ces capteurs peut avoir un signe positif ou négatif (dépression). Par conséquent, la pression P_1 exercée sur la tubulure de la face supérieure de la cellule peut être plus élevée ou plus faible que la pression P_2 exercée sur la tubulure située de l'autre côté de la cellule. Par conséquent, la condition suivante s'applique aux pressions P_1 et P_2 :

$$P_{min} \leq |P_1 - P_2| \leq P_{max} \text{ avec comme condition } P_1, P_2 \leq P_{System} .$$



Mesure de la pression différentielle et différentielle bidirectionnelle expliquée à l'aide du capteur de pression AMS 5812

Dans la formule ci-dessus, P_{max} correspond à la pression finale positive maximale et P_{min} à la pression finale négative minimale des plages de mesure (cf. *illustration 8*) pour lesquelles les capteurs ont été réglés. P_{system} correspond à la pression maximale exercée que peut supporter le système, par exemple à la pression atmosphérique. Elle est définie par la structure du capteur, par exemple par le boîtier ou les raccords

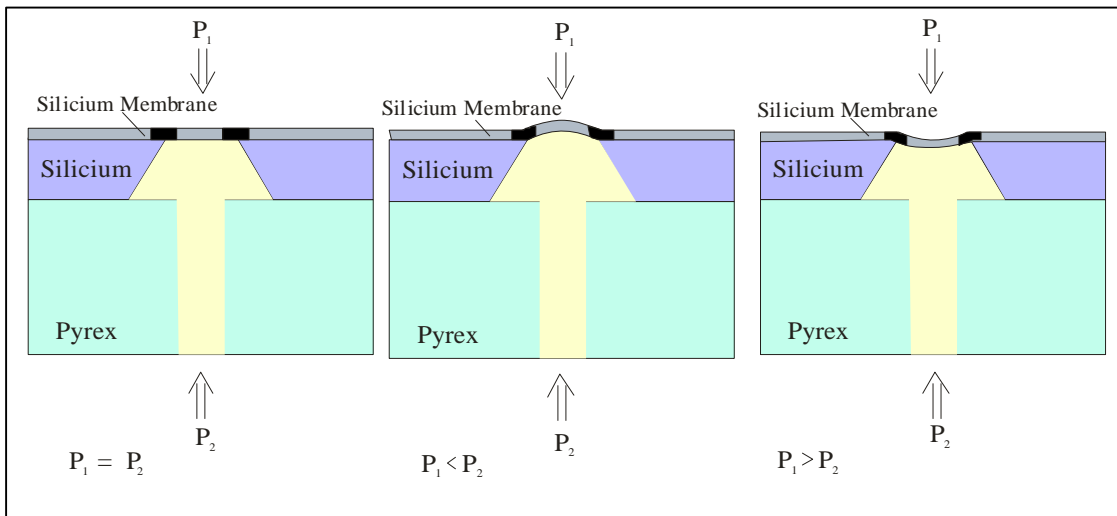


Illustration 8 : Comportement de la membrane d'une cellule de mesure de la pression différentielle au silicium quand $P_1 = P_2$, $P_1 < P_2$ et $P_1 > P_2$

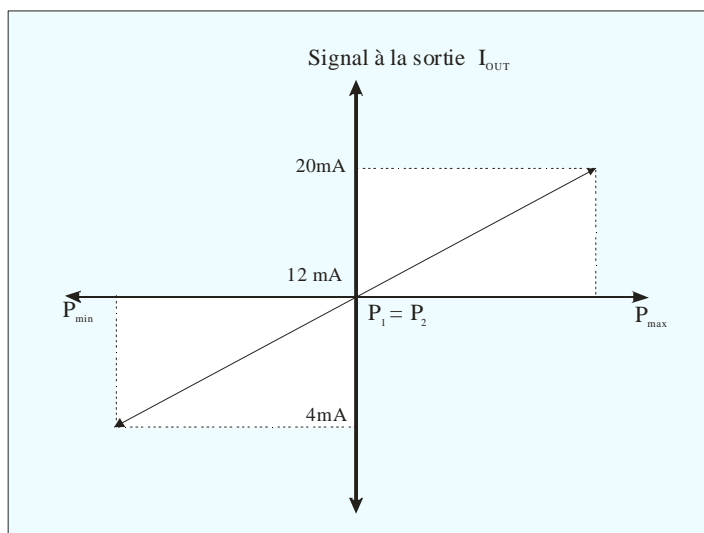


Illustration 9 : Caractéristiques de transfert d'un capteur de pression différentielle bidirectionnel, $P_1 = P_2$, $P_1 < P_2$ et $P_1 > P_2$, P_2 étant donné



Mesure de la pression différentielle et différentielle bidirectionnelle expliquée à l'aide du capteur de pression AMS 5812

Les mesures différentielles bidirectionnelles ne sont réalisables qu'à partir du moment où le capteur remplit deux conditions.

- a) Le comportement de la structure de la membrane doit être symétrique pour permettre une déformation dans les deux directions et
- b) le comportement de transfert du système électronique lié au point zéro doit être adapté à la plage d'amplification.

En ce qui concerne a), la membrane d'un capteur piézorésistif est constituée d'une fine couche de semi-conducteur en strates (quelques micromètres). Outre la couche de silicium en elle-même, il s'agit en règle générale d'une couche d'oxyde et de passivation appliquées du côté supérieur de la membrane. La structure des couches est donc asymétrique. Compte tenu de cette asymétrie, le comportement de la membrane va dépendre de la direction de la pression. Au pire des cas, l'inversion de la direction peut mener à un effet de bombage. En cas d'inversion de la direction de la pression, la déformation de la membrane risque de présenter des irrégularités que l'utilisateur percevra sous forme de forte non-linéarité, notamment au niveau du point zéro.

Les fabricants de cellules au silicium utilisées pour la mesure de la pression différentielle bidirectionnelle doivent donc garantir un comportement symétrique de la membrane que la pression soit positive ou négative.

En ce qui concerne b), le transfert des caractéristiques schématisé dans *l'illustration 9* nécessite un système électronique au niveau de l'amplificateur dont la référence ne doit pas se rapporter pas au potentiel zéro mais à 50% de la valeur à pleine échelle. A titre d'exemple : le signal à la sortie du capteur AMS 5812 doit être de 0,5 à 4,5Volt, par conséquent le point zéro de la version bidirectionnelle est fixée à 2,5 Volt de façon à ce que pour $P_1 = P_2$ le signal s'élève de 0,5 à 2,5Volt et que pour $P_1 = P_2$ la plage aille de 2,5 à 4,5Volt.

DESCRIPTION AM5812

La série AMS 5812 est une gamme de capteurs de pression OEM qui permet entre autres de mesurer la pression différentielle. Ces capteurs se caractérisent par deux sorties indépendantes, une sortie de tension analogique (0,5...4,5V / 2,5V +/-2V) et une interface bus I²C.

Le signal à la sortie analogique de tension est ratiométrique par rapport à la tension d'alimentation (5Volt ± 5%). L'interface I²C permet une lecture des valeurs de la pression et de la température. Cette interface permet en outre de procéder à l'adressage du capteur et de lui attribuer une référence individuelle.



Mesure de la pression différentielle et différentielle bidirectionnelle expliquée à l'aide du capteur de pression AMS 5812

Chacun des capteurs AMS 5812 est calibré et compensé en température de -25 à 85°C pendant la fabrication. Leur grande précision de mesure ainsi que leur stabilité à long terme et à la dérive sont le résultat de l'utilisation de composants piézorésistifs d'excellente qualité combinés avec un circuit d'évaluation conforme à l'état de l'art réalisé sous forme CMOS-ASIC à signaux mixtes.

Le support en céramique 15x15mm² avec ses plots à souder en deux rangées (dual-in-line) et son boîtier en céramique confère une grande stabilité mécanique à ce capteur de pression.

La famille du type AMS 5812 comporte des versions différentes :

AMS 5812 très basse pression différentielle et différentielle bidirectionnel :
0-0,075 ; 0-0,15 PSI / $\pm 0,075$; $\pm 0,15$ PSI

AMS 5812 basse pression différentielle et différentielle bidirectionnel :
0-0,3 ; 0-0,8 ; 0-1,5 PSI / $\pm 0,3$; $\pm 0,8$; $\pm 1,5$

AMS 5812 pression standard différentielle et différentielle bidirectionnel :
0-3 ; 0-5 ; 0-15 ; 0-30 ; 0-60 ; 0-100 PSI / ± 3 ; ± 5 ; ± 15 PSI

AMS 5812 pression absolue : 0-15-PSI et barométrique : 11-17,5 PSI

CARACTÉRISTIQUES

- Plage de pression relative, absolue, différentielle et différentielle bidirectionnelle
- Vaste plage de mesure (de 5mbar à 7bar)
- Tension à la sortie analogique et ratiométrique
- Lecture de la pression mesurée par le bus I²C
- Lecture de la température par le bus I²C
- Interface bus I²C avec adressage individuel
- Haute précision pour une vaste portée de température de service
- Vaste plage de surpression
- Petit dimensions

Aucun élément supplémentaire requis

APPLICATIONS

- Appareils respiratoires et autres systèmes de mesure pour applications médicales
- Mesure de débit de gaz et de la pression dynamique
- Chauffage, ventilation, climatisation (CVC)
- Mesures barométriques
- Pneumatique
- Mesure du vide



Mesure de la pression différentielle et différentielle bidirectionnelle expliquée à l'aide du capteur de pression AMS 5812

RESUME

Outre la mesure de la pression différentielle traditionnelle où l'on mesure toujours un rapport entre une pression plus élevée et une pression plus basse ($P_1/P_2 = 1$ ou $P_1/P_2 = 1$), il existe une variante qui est qualifiée de mesure de la pression différentielle bidirectionnelle et qui permet de mesurer les deux cas de figure avec un seul capteur. Cette mesure particulière de la pression différentielle grâce à laquelle il est possible de mesurer une pression positive et une pression négative est illustrée à l'exemple des capteurs issus de la série AMS 5812.

Bibliographie :

En savoir plus :

Fiche technique AMS 5812 (anglais):

http://www.amsys-sensor.com/sheets/amsys.en.ams5812_e.pdf

Notice d'application aan508 (anglais): La compatibilité avec les fluides expliquée à l'exemple du capteur :

<http://www.amsys-sensor.com/sheets/amsys.en.aan508.pdf>.